

## **ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ**

*Постыляков А. Ю., Логинов Ю. Н., Инатович Ю. В.*  
ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
им. первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г. Екатеринбург  
*lichteman@gmail.com, unl@mtf.ustu.ru, omd@mtf.ustu.ru*

### **ВАРИАЦИИ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ГОРЯЧЕЙ СОРТОВОЙ ПРОКАТКЕ МЕДНОЙ ЗАГОТОВКИ**

Получение медной катанки по технологии CONTIROD осуществляется посредством горячей прокатки непрерывно-литой заготовки, полученной с использованием разливочной машины HAZELETT, на 14 клетьевом сортовом стане MANNESMAN DEMAG SACK, осветлении, нанесении защитного покрытия и сматывания готовой катанки в бухты.

Величина сопротивления металла пластической деформации  $\sigma_s$  при проектировании технологического процесса прокатки входит в формулы расчета энергосиловых параметров, а именно силы прокатки и крутящего момента деформации, по которым, в свою очередь, производят учет ограничений по прочности основного оборудования и мощности электродвигателей стана. Следует также отметить, что в большинстве используемых формул требуется указать величину  $\sigma_s$  как среднюю по очагу пластической деформации.

Определению  $\sigma_s$  для меди посвящено немало исследований [1–3]. Однако их практическое применение при подготовке реального производственного процесса зачастую ограничивается следующими факторами: отсутствием сведений по химическому составу, количественному содержанию примесей и состоянию деформирования, малым диапазоном варьирования температур и скоростей деформации, неоднозначностью вопроса о возможности сглаживания опытных данных при попытке приведения кривых упрочнения к «классическому» виду, неопределенным характером проведения эксперимента. В данной статье проведен анализ возможности применения кривых упрочнения, полученных различными авторами, к процессу изготовления катанки по технологии CONTIROD путем выделения на них областей, отражающих действительные параметры деформации.

ции. Подобные исследования были ранее выполнены в работе [4], посвященной возможному проявлению эффекта циклического упрочнения в проходах прокатки черновой группы клетей.

Установленные в статье [4] термомеханические параметры деформации были обозначены на кривых упрочнения для 900 °С, 800 °С, приведенных в источниках [1–3]. Температура 900 °С характерна для первых проходов прокатки в черновых клетях, 800 °С – для начала предчистовой прокатки.

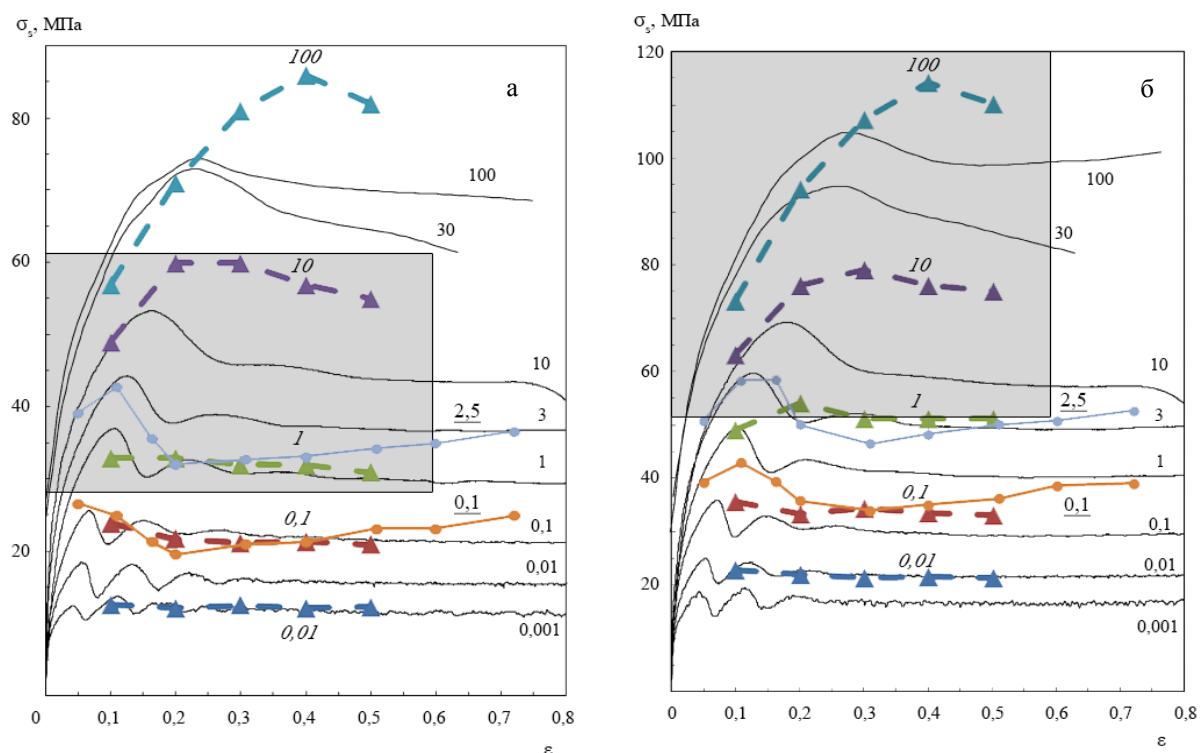


Рис. 1. Кривые упрочнения кислородосодержащей меди с обозначенными областями действительных параметров деформации (затемнены):

*a* – 900 °С; *б* – 800 °С

Числа при графиках – скорость деформации,  $\text{с}^{-1}$ ; прямое начертание соответствует [1], курсивное начертание – [2]; подчеркнутый текст – [3]

Из графиков (рис.1) видно, что в области низких скоростей деформации ( $0,01\text{--}1 \text{ с}^{-1}$ ) наблюдается относительно хорошая сходимость всех кривых (максимальное различие в определении  $\sigma_s$  составляет около 10 МПа). В области средних и высоких скоростей деформации эта тенденция сохраняется лишь при степенях деформации до 0,2–0,3, в дальнейшем кривые из источников [1–2] расходятся, а максимальное различие в определении  $\sigma_s$  увеличивается до 20 МПа.

Также видно, что только одна кривая из источника [3] попадает в области действительных параметров деформации, причем при температуре в 800 °С затрагивается лишь малая ее часть. Кроме того, для кривых [3] отсутствуют сведения по количественному содержанию примесей, размеру зерен и порядку проведения эксперимента. Таким образом, их применение в реальном производственном процессе встречает большие затруднения.

Кривые из источников [1–2] полностью охватывают выделенные области, при этом для них присутствуют подробные сведения по химическому составу, состоянию деформирования, размеру зерен, порядку проведения эксперимента и т.д. Это обстоятельство, в совокупности с обозначенными недостатками кривых [3] позволяет сделать вывод о большей целесообразности применения кривых упрочнения, полученных в работах [1–2], в действующем производстве.

#### **Список источников**

1. Prasad Y. V. R. K., Rao K. P. Processing maps and rate controlling mechanisms of hot deformation of electronic tough pitch copper in the temperature range 300–950 °C // Mater. Sci. and Engineering A. 2005. Vol. 391. P. 141–150.
2. Prasad Y. V. R. K., Sasidhara S. Hot Working Guide: A compendium of processing maps. Materials park, Ohio: ASM International. 1997.
3. Полухин П. И., Гун Г. Я., Галкин А. М. Сопротивление пластической деформации металлов и сплавов : справочник. М.: Металлургия, 1983. 352 с.
4. Логинов Ю. Н., Зуев А. Ю., Инатович Ю. В. Анализ сортовой прокатки кислородосодержащей меди с учетом немонотонности характеристик упрочнения // Цветные металлы. 2012. № 7. С. 77–80.